講　　座

真空技術者資格試験への手引き (5)

中　山　勝　矢*

Guidance for the Vacuum Engineer Examination (5)

Katsuya NAKAYAMA*

*Chair, The Qualification Committee of Vacuum Engineers

(Received July 27, 2011, Accepted August 27, 2011)

6. 経験問題

真空は，残念ながら見えません．したがって実感に乏しいのです．基礎は気体分子運動論や表面物理学なのですが，理論から直ちに解決の得られることは多くありません．さまざまな事象が絡まっていますし，それに加えて計測器が不完全なので，幅広い基礎知識に基づき，さらに多くの経験を踏まえてデータの解釈を行い，対策を立てるのが普通です．

真空技術者の場合，実際に即した経験を多く持っていることは望ましいことです．それで今回は，こうした経験について訊ねた例を取り上げ，経験問題と名付けてみました．

6.1 ウォーターサイクル

真空装置を扱っていると，さまざまな現象に出会います．それらを見過ごしにしてはなりません．真空技術者にとって経験を増やす貴重な機会だからです．

次の例題19は，2007年の２級に出題されたもので，少し手直ししてあります．内容はウォーターサイクルと呼ばれる現象です．電子管の利用が進み，電離真空計が実用になったころから人の目に触れるようになっていました．

例題19　(２級)

汎用の真空蒸着装置にガラス管球式の電離真空計を取り付け長期間使用していたら，フィラメントには異状が認められなかったが真空計のガラス管壁が青く着色してきた．この原因として，もっとも可能性が高いと考えられるものは次のどれか．

(a)　電子の衝撃によりガラスが変質するため．
(b)　油拡散ポンプの油蒸気が真空計内に入り，油分子の吸着層が形成されたため．
(c)　フィラメントのタングステンが残留気体の水蒸気と反応して管壁に付着するため．
(d)　蒸着物質が回りこんで管壁に付着したため．
(e)　油回転ポンプの油分子が真空計内に入り，フィラメントの熱で分解して付着したため．

ここでは「青く着色してきた」というのがヒントです．ガラスの変質で青く着色することはまず考えられません．また(b)，(d)，(e)の場合には青くなることはなく，むしろ黒い汚れが目立ち，ときには膜状のものの剥離が見られます．したがって正解は(c)となります．

ウォーターサイクルというのは，水蒸気が高温タングステンの表面で分解して酸化タングステンと原子状水素になり，出来た酸化物は蒸発してガラス壁に付着し，原子状の水素はこの酸化物から酸素を奪って水蒸気に戻り，これを繰り返してタングステンの消耗を早めると理解された現象です．

かつて真空装置の残留気体に水蒸気が多かった時代にはしばしば見られ，決して珍しい現象ではありませんでした．現在でも水蒸気が残留するシステムでは，電離真空計を使っているときに現れることがあります．フィラメントにレニウムを使った時にはこの現象は起きず，電離真空計で水蒸気の圧力を測ることができます．

6.2 真空下の放電

真空利用では直流はもとより高周波の交流も，大電流から微小電流まで扱うことが多く，理解不足だと失敗します．また広く利用されている放電現象に関しても，初歩的なことをお訊ねすることがあります．

次の例題20は2009年の１級に出題されたもので，一部を修正してあります．この問題などは内容が基本的で，常識問題とみることもできます．

例題20　(１級)

真空容器の中に，滑らかな表面を持つ一対の平板電極がある．材質はステンレス鋼で，電極の間隔は10 mm である．いまこの電極対に500 V の直流電圧を印加しておき，真空容器を大気圧から排気していくとする．圧力の低下につれて電極間で生じる現象として正しい記述を次の中から選びなさい．

(a)　ある圧力まで低下すると電極間に持続放電が起きる．さらに圧力が低下すると放電は停止する．
(b)　ある圧力まで低下すると電極間に持続放電が起きる．いったん始まった放電は，その後圧力が低下しても持続する．
(c)　大気圧の状態で持続放電が起きているが，ある圧力まで低下すると放電は停止する．
(d)　大気圧の状態で持続放電が起き，圧力が低下しても放電は停止しない．
(e)　この条件では圧力にかかわらず持続放電は起きない．

* 真空技術者資格認定委員会委員長

これに似たことは，電流導入端子に電圧をかけたまま真空装置に大気を導入するとき起きる可能性があります．

細かくいえば，電極の材料，形状，気体の種類によって同じではありませんが，いずれも気体の圧力の低下とともに放電開始電圧は低下し，ある圧力で極小になって再び上昇していきます．つまり下に凸の曲線を描くのです．

これはパッシェンの法則と呼ばれ，空気の場合，（火花放電が始まる電圧）と（圧力×電極間距離）との関係を示す曲線の極小点はほぼ320 V，0.73 Pa·m くらいのところにありますから，電極間距離が10 mm なら，放電開始電圧は約320 V で，圧力が73 Pa のときのみであることが分かります．出題の500 V の場合には，放電が可能になる範囲は広がり，ほぼ0.35～2.8 Pa·m，つまり35～280 Pa の間で放電することになります．したがって正解は(a)です．正答率は65％でした．

数値まで訊ねると１級でも難しいので，定性的に，また常識の範囲で出題しています．放電開始の条件を大雑把に0.7 Pa·m（5 Torr·mm）で320 V と覚えておくと便利です．

6.3 残留気体の分析

真空装置を大気圧から排気していった場合でも，残留気体に大気の組成が見られるのは最初の間だけです．油拡散ポンプや油回転ポンプを主な排気系として使っている場合には，短時間の間に，主成分はポンプから逆流してくる有機物と水蒸気になってしまいます．こういったことは経験しなければ分かりません．

残留気体に有機物や水蒸気が多い真空をウエットバキウムと呼んだ時代がありました．これに対してスパッタイオンポンプやターボ分子ポンプ，あるいはクライオポンプを中心にした排気系で，ベーキング操作も加味した場合，残留気体に有機物をみることはなく，水素 H_2，メタン CH_4，水蒸気 H_2O，窒素 N_2，一酸化炭素 CO，アルゴン Ar となってしまいます．これをクリーンバキウム，あるいはドライバキウムと呼びました．

こういったことは経験そのものです．残留気体分析計を使って真空機器という患者を診察しているようなものです．それだけにデータの解析は慎重でなければなりません．

つぎの例題は2008年の１級に出題されたもので，一部分に手を入れてあります．

例題21 （1 級）

四極子形質量分析計で真空装置の残留気体分析を行うと，いろいろな質量電荷比（M/Z）の値のところにピークがあるスペクトルが得られる．このスペクトルに関する次の説明の中で誤っているものはどれか．

(a) M/Z が 4 の位置に現れるピークは通常 He である．
(b) H_2O によるピークは M/Z が18の位置以外に17の位置にも現れる．
(c) Ar によるピークは M/Z が40の他，20の位置にも現れる．
(d) M/Z が28の位置に現れるピークは窒素によるもののみである．
(e) メタンは同位体の存在により，M/Z が17の位置にもピークが現れる．

このなかで(d)の「窒素のよるもののみである」という文章が誤りです．M/Z が28のところには一酸化炭素 CO のピークも出るからです．正答率は73％でした．なお，M/Z が 4 のところには稀に D_2 が出ることがあるので，「通常」という言葉が入っています．

6.4 マニュアル

現代はマニュアル時代．何にでも取扱説明書，つまりマニュアルが付いてきます．読んで理解するだけでなく，自分で書かなければならないときもあり，他人が書いたものをチェックして誤りを見つける必要も出てきます．

まさにマニュアルは技術そのものであり，技術のエッセンスを誤りなく書き込んだものでなければなりません．万が一，誤りがあって事故が起きたら弁償の義務が生じることもあります．

そのようなことから，マニュアルを想定した形での出題を試みています．例題22はその一例で，2009年に出題されました．一部に加筆し，修文してあります．

例題22 （2 級）

次の文章は，プローブガスにヘリウムを使って真空装置の漏れ探しを行う場合の作業について書かれたマニュアルの一部である．正しくないものはどれか．

(a) ヘリウムを吹き付けていないところからヘリウムが吸い込まれないように工夫してください．
(b) ヘリウムを吹き付けていくときは，手早く次の箇所に移るようにしてください．
(c) 室内空気のヘリウム濃度が上昇しないように換気をよくしてください．
(d) ヘリウムを吹き付けていくとき，作業は必ず装置の上の方から行ってください．
(e) 吸い込まれたヘリウムが検出器に到達するまでの時間を考えながら作業を行ってください．

ヘリウムを吹き付けてから検出器に達するまで，なにがしか時間がかかります．また検出器の場所で，ヘリウム分圧が次第に上昇し，最高値に達するのにも時間が必要です．これを時定数と呼びますが，これよりも短い時間でヘリウムを吹き付ける箇所を移動させると，最悪の場合は検出器が検知せず，そうでなくても小さい信号で終わってしまいます．さらに吹付け箇所と信号との対応が取れなくなります．結果として漏れを過小評価するか，見落とす結果になってしまいますから，(b)の文は正しくありません．つまりこの問題の正解は，(b)というわけです．正答率は86％でした．

考えてみると，この例題に書かれていることは，真空技術者にとっては日常的なことです．この際このことを確かなものにしてもらうために，出題されたと考えられます．

次回は，何人かの人から出された意見を聞いて判断する形の問題を例にして，説明をいたします．

（隔月掲載，次回の12号が最終回）

（お詫び：6 号掲載例題14の正解は(b)でなく(d)の間違い）